

УДК 693.5:624

Г.В. Бадеян, канд. техн. наук, Ю.Н. Ковалев, д-р техн. наук, В.А. Плоский, канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНОЛИТНОГО КАРКАСНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Рассматривается структура системы и основные инновационные мероприятия, направленные на повышение эффективности проведения монолитных железобетонных работ

Постановка задачи. Совершенствование технологических систем в строительстве обычно понимается как динамическая трансформация их структур и функций в соответствии с изменением целевой функции системы [1]. При традиционном понимании системы $S=(O, R)$ как упорядоченной пары элементов O и отношений R задача состоит в отыскании таких F и S , для которых

$$\begin{cases} F_j : S_i \rightarrow S_k \\ z(t) \rightarrow optz \end{cases},$$

где $z(t)$ – изменяющаяся во времени целевая функция системы;

$optz$ – оптимальная величина $z(t)$, достигаемая в определенный момент времени.

Реально учитываются также ограничения A организации, функций и возможных преобразований системы.

Практически были опробованы разные стратегии совершенствования. Индустриально-технологические системы строительства стран с плановой экономикой продемонстрировали высокую организованность и низкую адаптивность. Практика зарубежных фирм показывает высокую адаптивность, но и нестабильность организации. Преодоление этого противоречия возможно лишь в рамках концептуально иного понимания системы.

Методы исследования: системно-структурный анализ, общая теория систем.

Совершенствование структуры. Согласно общей теории систем, система оптимально функционирует в изменяющихся условиях, если она является *открытой, целостной, организованной*.

Определение 1. *Технологической системой монолитного каркасного домостроения называется открытая, целостная, организованная система, обеспечивающая оптимальное проведение монолитных железобетонных работ при строительстве жилых зданий соответственно внешним требованиям.*

При этом модульность и функциональная автономность системы в целом и составляющих ее подсистем является следствием целостности и организации; универсализация функций – изоморфизма организации, способность к динамической мобилизации – открытости и целостности, прогнозируемость развития и управляемость информационных потоков – самоорганизации и саморегуляции.

Под *оптимизацией* будем понимать создание такой системы, которая реагирует на любое изменение внешних условий *изменением параметров и функций своих подсистем при неизменности организации*, т.е. в пределах саморегуляции. Так разрешается упомянутое выше противоречие.

В соответствии с данными положениями, построена графоаналитическая модель технологической системы, отображающая ее важнейшие характеристики [2]. Анализ модели позволяет сделать выводы относительно проектирования, оценки оптимальности реальных сис-

тем, модификации их структур и функций. Результаты и достигнутый положительный эффект для первых четырех уровней описаны в [3].

Повышения технологичности, качества и производительности. Комплекс технологических и организационных решений, процессов и операций, потребности в ресурсах, требования по качеству и охране труда рассматриваются в контексте определенной в разделе 2 структуры и функций системы и относятся к 5-7 уровням ее организации. Методика оптимизации соответствует инновационной стратегии: определяются «узкие места» системы, вводятся инновации, анализируется их эффект. Проверка оптимальности основывается на результатах внедрения и данных экспертного опроса.

Совершенствование конструкции опалубки и технологии опалубочных работ. Опыт возведения монолитных железобетонных конструкций показывает, что стоимость комплекта опалубки, которая обеспечивает непрерывность работы крана и рабочих, на $30 \div 35\%$ выше стоимости крана. С учетом высокой амортизационной стоимости комплекта опалубки, которая из расчета на один дом составляет $15\% \div 20\%$, по сравнению с $9 \div 11\%$ на один кран, очевидно, что затраты на комплект опалубки для одного дома почти в 2 раза выше, чем затраты на монтажный кран.

Исходя из этого, для повышения эффективности строительства жилых домов из монолитных железобетонных конструкций большое значение имеют выбор конструкции опалубки, оптимизация ее комплекта для конкретного объекта, увеличение оборачиваемости опалубки.

В монолитных жилых домах каркасного типа выбирают два комплекта: для вертикальных и горизонтальных конструкций. Их состав и объем рассчитывается так, чтобы обеспечить непрерывность работы грузоподъемных механизмов и рабочих. Исходя из этого, а также в зависимости от конструктивных решений, определяют размеры и границы захваток.

Захватка с максимальным объемом работ вертикальных конструкций принимается первой, и состав комплекта опалубки выбирается по ней, а в зависимости от разнообразия вертикальных элементов других захватках, доукомплектовывается для этих конструкций.

После возведения вертикальных конструкций первой захватки, одновременно начинаются работы по монтажу горизонтальной опалубки первой захватки и вертикальной опалубки второй захватки. По мере создания фронта работ, специализированные бригады по устройству вертикальных, горизонтальных опалубок, арматурных и бетонных работ поэтапно начинают выполнять соответствующие работы.

Для создания поточной организации работ и непрерывного использования всего комплекта опалубки в процессе возведения монолитных железобетонных конструкций при необходимости меняется очередность захватки, что позволяет сократить продолжительность опалубочных работ и оптимально использовать комплект опалубки.

Таким образом, предложенная схема выбора комплекта опалубки позволяет с максимально уменьшить ее комплект и обеспечивать непрерывность работы специализированной бригады вертикальной опалубки.

Объем комплекта опалубки для бетонирования горизонтальных конструкций выбирается исходя из условий обеспечения непрерывной работы специализированной бригады горизонтальной опалубки. Учитывая особенности технологии и организации, объем комплекта должен обеспечивать выполнение опалубочных работ на трех-четырех захватках сразу; на разных захватках выполняются специализированные работы.

Для определения объема комплектов вертикальных и горизонтальных опалубок важным фактором является сменный коэффициент использования монтажного крана. Анализ опыта возведения жилых домов при использовании одного крана показывает, что для обеспечения его рационального использования объем бетонирования должен составлять $45 \div 50 \text{ м}^3/\text{дн}$ при работе в две смены. При этом $18 \div 20 \text{ м}^3/\text{дн}$ приходится на бетонирование вертикальных элементов и $27 \div 30 \text{ м}^3/\text{дн}$ – на горизонтальные конструкции. Комплект вертикальной

опалубки, при средней толщине вертикальных элементов 250 мм, составляет $190 \div 220 \text{ м}^2$, а комплект горизонтальной опалубки, при толщине конструкции 180 мм, – $480 \div 600 \text{ м}^2$.

Опыт применения зарубежных системных опалубок выявил конструктивные недостатки, приводящие к сдерживанию развития технологии. Для их устранения предложен модуль конструкции опалубки, позволяющий с помощью одного унифицированного щита опалубки бетонировать конструкции с различными длинами для каждого объекта.

Конструкции щитов опалубки изготавливаются в заводских условиях, транспортируются на строительную площадку специальными транспортными средствами и монтируются в проектное положение с помощью крана.

Применение модульной конструкции опалубки уменьшает количество подъемов монтажного крана для сборки опалубки, что повышает производительность труда. Так, для монтажа инвентарной щитовой опалубки западных фирм под вертикальную конструкцию длиной 6000 мм и высотой 3000 мм требуется 18 – 22 подъема монтажного крана, а при использовании модульной конструкции вертикальной опалубки – 2 подъема. Одним из трудоемких процессов является установка внутренней опалубки лифтовой шахты. Для установки внутренней опалубки из инвентарных щитов ведущих фирм количество подъемов составляет 14 – 16. Для полного монтажа внутренней опалубки лифтовой шахты с помощью разработанной конструкции опалубки достаточно 1 подъема.

После набора прочности бетона перекрытий выполняются по разработанному регламенту работы по переопиранию стоек и частичному демонтажу горизонтальной опалубки. Расчеты и эксперименты выявили преимущества диагональной схемы переопирания. Определены коэффициенты эффективности, позволяющие сократить объем опалубки до 37–40%.

Разработаны конструкции греющих щитов опалубки с электропроводным полимерным нагревателем, позволяющим без дополнительного оборудования организовать нагрев бетона зимой (получены авторские свидетельства). Эти конструкции позволяют устанавливать греющие щиты на палубе любых систем опалубок, практически не имеют адгезии к бетону, исключают смазку палубы и благодаря эффективной теплоизоляции уменьшают расход электроэнергии на прогрев бетона в 2,5 – 3,0 раза.

Улучшение технологии арматурных работ. С целью снижения трудоемкости и повышения качества работ используются унифицированные арматурные заготовки. Монтаж укрупненных вязанных арматурных каркасов вертикальных железобетонных конструкций предлагается выполнять по усовершенствованному технологическому регламенту. Арматурные работы для горизонтальных железобетонных конструкций также проводятся в соответствии с усовершенствованным регламентом.

Предлагаемые усовершенствования **технологии и организации бетонирования** в основном связаны с повышением качества и не носят характер инноваций или модификаций парка оборудования.

Улучшение использования материально-технических и трудовых ресурсов связаны с повышением адгезионных свойств палубы опалубок, (описаны соответствующие эксперименты), применением комплекта средств малой механизации (описан состав комплекта), совершенствованием планирования, разработкой нормативной базы. Приводятся необходимые расчеты.

Оценка результатов внедрения выполнялась в ходе производственного эксперимента. Достигнуто улучшение натуральных показателей на единицу продукции: рост производительности – 22,5 %; уменьшение энергоемкости – 17,5 %; сокращение затрат финансовых средств – 27,5 %; сокращение сроков строительства; уменьшение трудоемкости – 22 %. Для качественной оценки использовались данные экспертного опроса. *Технологичность*, после проведения усовершенствований, оценена в 4,25 баллов (до усовершенствований – 2,59); *производительность* – 4,35 и 2,53; *качество* – 4,24 и 2,76 [3]. Таким образом, обе группы

показателей подтверждают наличие заметного эффекта от внедрения системной опалубки и других усовершенствований.

Для **поэтапного систематического контроля качества работ** предлагается организовывать группу сотрудников, в которую входят представители строительной лаборатории, проектной организации, технического надзора, инженер по качеству монолитных железобетонных работ от подрядной организации. К основным этапам контроля относятся: проверка качества бетонной смеси, геодезический контроль, контроль деформаций. Предложены различные усовершенствования соответствующих операций.

Рассмотрены мероприятия, призванные обеспечить **особые требования охраны труда при возведении монолитных железобетонных конструкций**. Суть предлагаемых решений сводится к уточнению и дополнению нормативной базы и внесению изменений в технологическую цепочку.

Учет климатических особенностей. Бетонирование монолитных конструкций в зимнее время требует применения специальных технологий, призванных обеспечить необходимые условия твердения бетона до достижения им заданной прочности. Серьезным недостатком существующих методов термообработки бетона является то, что они требуют применения дополнительных установок и устройств, сопряженного с затратами материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Инновационным средством оптимизации является разработка multifunctional устройств, которые, обеспечивая термообработку бетона, в то же время не выходили бы за рамки номенклатуры оборудования, требуемого для производства бетонных работ в летний период. Такие возможности открывает применение греющих опалубок с электропроводными полимерными покрытиями, совмещающих в себе функции формообразующего и нагревательного элемента, которые одновременно обеспечивают организацию комбинированного прогрева бетонных и железобетонных конструкций. Предлагаются соответствующие расчеты и конструктивные решения. Их эффективность также оценивается по улучшению натуральных показателей и данным экспертного опроса [3].

Выводы. Таким образом, предлагаемый подход к оптимизации технологических систем в строительстве приводит, как показывает практика его применения для монолитного каркасного домостроения, к заметному улучшению эффективности производства. Это дает основания предположить, что перспективы его внедрения достаточно широки. Наибольший интерес вызывает возможность сочетания его с новыми технологиями и материалами, особенно энергосберегающими. Это направление и является приоритетным в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Осипов А.Ф. Основные принципы проектирования динамически трансформирующихся технологических систем //Прикл. геометрія та інж. графіка.-К.:КНУБА, 2000.- Вип.67.-С.162-165
2. Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н., Плоский В.А. Графоаналитическая модель технологической системы монолитного высотного жилищного строительства //Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.:КНУБА, 2000. – Вип.68. – С.67-73
3. Бадеян Г.В. Технологічні основи зведення монолітних залізобетонних каркасів у висотному житловому будівництві. Автореферат дис. ... д-ра техн. наук:05.23.08 /КНУБА.-К., 2000.-32 с.
4. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В. Технологическая модель возведения монолитных железобетонных конструкций //Прикл. Геометрия и инж. графика.-К.:КНУБА, 2000.- Вып.67.-С.172-175